

实验、测量与科学

Experiment, Measure & Science

汪涛 著

得科学者

得天下

人民东方出版传媒

东方出版社

实验、测量与科学

Experiment, Measure & Science

汪涛
 著

人民东方出版传媒

 東方出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实验、测量与科学 / 汪涛 著 . — 北京 :

东方出版社, 2017. 7

ISBN 978-7-5060-6937-3

I. ①实… II. ①汪… III. ①测量学—实验 IV. ① P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 082610 号

实验、测量与科学

(SHI YAN CE LIANG YU KE XUE)

作 者: 汪 涛

责任编辑: 辛春来

出 版: 东方出版社

发 行: 人民东方出版传媒有限公司

地 址: 北京市东城区东四十条 113 号

邮政编码: 100007

印 刷: 鸿博昊天科技有限公司

版 次: 2017 年 7 月第 1 版

印 次: 2017 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 1-5000 册

开 本: 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张: 36

字 数: 500 千字

书 号: ISBN 978-7-5060-6937-3

定 价: 118 元

发行电话: (010) 85924663 85924644 85924641

版权所有, 违者必究 本书观点并不代表本社立场

如有印装质量问题, 请拨打电话: (010) 85924602 85924603

不同学科领域专家序言

恽 良

教授 / 高级研究员，中船 708 研究所原副总工程师、哈尔滨工程大学兼职教授、英国皇家造船工程师协会上海分会副主席、上海国际高性能船舶会议组委会和学术委员会副主席、美国船舶和海洋工程杂志编辑、中国气垫船技术奠基人之一

汪涛先生将测量作为理解一切科学秘密的钥匙，既让人颇感意外，又在情理之中。在科学领域建立统一的测量学基础，也会为船舶领域的科学研究打开全新的视野，使得测量学研究成果可以更顺畅地应用于船舶领域。船舶领域中有很多试验设备，如水池试验、风洞试验、流动水槽试验、水筒试验等设备，都是基本的测量船舶技术参数的方法。但由于很多新的高性能船舶，如地效翼船、无人驾驶智能潜水器和水面舰船、节能（绿色）气泡船和仿生高速两栖飞轮艇等的出现，目前的理论流体力学已较难满足于设计实践，再加上海况的高度复杂性，无论有多么精确的理论计算支持，都需要在实际海况条件下进行大量的测量才能保证船舶的技术性能符合要求。因此“测量也是船舶科学最基本的认识方法”，从这个角度可以体现出本书具有重大的学术价值。

2017 年 3 月 9 日于美国

罗 新

北京大学历史学系教授

在知识疯狂爆炸、最优秀的科学家都只是某一狭窄领域专家的时代，探寻贯穿一切学科的、广谱的科学规律，并用以判定某一专门学科的科学属性，以全科型知识系统重新规划和指导人类现有的科学发展，这不能不说是一个令人敬畏的、需要极大勇气和渊博学识的学术野心。如果新建立的全科型纯科学可以帮助我们破除各专门学科因各自传统而形成的语言壁垒，看到不同学科间的一致和相通，自由对话和互动，必定会在信息时代引发科学本身的爆炸性发展。历史学向来被认为在人文学科中最具有科学属性，是使用文学语言而不是数学语言的科学。按照汪涛本书的见解，历史学的科学属性取决于其逻辑性和测量数据的结合，这是非常有启发力的观察。把史料的搜集和处理，不仅仅是考古发掘的数据，而且包括文献性历史资料的基本工作，都看作符合测量学一般规则的一个过程，从而赋予史学研究以新的描述和判断，这看起来是非常有新意、有前景的。汪涛过去对人口和战争的研究已经令人耳目一新，相信这个更宏大的纯科学探索，更能引领时代新思维。

2017年3月13日于北京

梅杓春

南京邮电大学测量学教授、教育部仪器仪表学科教指委原委员、本书作者大学时电子测量课程老师

本书作者汪涛本科时就读于南京邮电大学测量技术与仪器专业，研究生期间学习了图像处理，工作涉及测量、通信、金融等领域。他在学生时代就有对测量学进行学术研究的理想，在IT行业不同领域的多年浸润，有三十多年对理想孜孜不倦的追求，终于在《实验、测量与科学》这一学术著作中把自己的研究成果呈现给大家。

科学始于测量，这早已是测量学界公认的论断。但是，如果真要把这个论断从整个科学的角度实现，却是一个相当困难的事情，因为这涉及要对所有学科从测量学角度进行统一的分析，它需要跨越所有自然科学与社会科学。因此，这个论断在过去准确地说应当被看作一个科学猜想。作者利用自己专业基础有效找到了证明这一猜想的逻辑路径。将人类本身的认识系统也看作一架特殊的测量仪器，这是一个将测量学与感觉生理学和心理学研究成果相结合的突破性尝试，反过来对测量学未来的发展也具有重大的价值。例如，对受控实验与测量之间的关系、测量学中相对较薄弱的系统误差分析和处理、相对误差与信息论的关系等都会带来全新的理解。

2017年3月24日于南京

胡瑞敏

武汉大学计算机学院院长、计算机科学博士生导师

本书作者汪涛是我的大学同学，而且还是我们引以为傲的同学。这一方面缘于当年他是我们这个年龄跨度颇大的班级中年龄最小的同学，另一方面当然是他的聪颖让我们印象深刻。时间过得很快，他再一次让我印象深刻的时间是2006年。那一年，他写出了《通播网宣言》，观点之新颖，眼界之开阔，问题之深刻，让我叹为观止。

我们都学的是测量技术与仪器专业，那时老实说我并不清楚测量有什么用。斗转星移，几十年的时间过去了，大数据、人工智能忽然一夜之间席卷全球。毕达哥拉斯说，数是万物的本原。科学知识从何而来？传统哲学认为要么来源于经验观察，要么来源于所谓正确的理论，大数据则通过数据挖掘“让数据发声”，提出了全新的“科学始于数据”这一知识生产新模式。数据则离不开科学地测量，而这正是我们学习生涯的起点。这时候，我才发现汪涛不仅在做着跨度极大的工作，而且是几十年不改初心的工作。

当前，我们国家已经走过了追赶、复制型的科学研究阶段。中国制造到中国创造不仅需要我们研究单一的技术，更需要我们站在科学整体的高度，思考科学、技术、数据、测量之间的本质联系，相信本书会给你新的启示。

2017年3月30日于武汉

郑 宏

国家杰出青年基金获得者、中国科学院武汉岩土力学研究所研究员、中国力学学会岩土力学专委会主任委员、北京工业大学教授

自从伽利略用斜面实验方法对落体的规律进行测量，并纠正了亚里士多德落体定律之后，实验方法就奠定了在近代科学中的基础性地位。学术界普遍认同一门学科是否有资格被称为科学，判定标准就在于该学科是否建立在实验方法基础之上，但这个标准事实上并没有被科学地系统研究过。

随着近代科学方法扩展的范围越来越广，实验方法也遇到越来越多的挑战。不仅是社会科学领域，而且很多自然科学领域也难以完全以实验方法作为科学理论与研究对象之间唯一的桥梁。即使是很多理论物理学问题，从其开始获得数据到理论验证都是基于测量方法，而不完全是通过实验。众所周知，第谷的天文测量结果导致后来形成了开普勒三定律，而这也成为随后的牛顿力学最为重要的来源之一。广义相对论是利用日全食的天文测量获得验证，并不是通过实验方法。在地质科学及其相关领域，实验的科学地位甚至不如测量，对实际研究对象的测量数据的重要性也高于实验室的测量数据。

我甚至认为一门应用科学的测量水平决定了这门学科的整体发展水平。我们常说上天容易入地难，说的就是我们对地球内部的测量水平还远远未达到对大气、人造卫星和其他航天器的测量水平。倘若我们能够准确测量出地球内部的构造及其相关特性，大到地震，小到滑坡，就可以像天气预报那样比较准确地进行预测了。

然而，对实验、测量与科学如此重要和基本的关系，学术界并没有进行过系统的研究。本书作者利用自己测量学专业知识，再加上对其他相关领域的研究，找到了对这个问题进行系统研究的途径，这对认识和把握整个科学领域的发展规律是极具价值的。

2017 年 4 月 20 日

从通播网到纯科学

李进良

原信息产业部电子科学技术委员会委员、中国移动通信联合会常务理事、原电子工业部七所总工程师、《移动通信》杂志主编、中国移动通信尤其 TD 产业奠基人之一

古希腊的哲学主要研究宇宙的本源是什么，世界是由什么构成的等问题，后人称之为“自然哲学”。伟大的希腊哲学家苏格拉底开始研究人类本身，即研究人类的伦理问题，如什么是正义、非正义，什么是勇敢、怯懦，什么是诚实、虚伪，什么是智慧，知识是怎样得来的，等等，后人称之为“伦理哲学”。他使哲学“从天上回到了人间”，他认为对于自然真理的追求是无穷无尽的；感觉世界常变，因而得来的知识也是不确定的。他要追求一种不变的、确定的、永恒的真理，这就不能求诸自然外界，而要返求于己，研究自我。他的名言是“我知道我一无所知”，要认识你自己。从他开始，自我和自然明显地区别开来；人不再仅仅是自然的一部分，而是和自然不同的另一种独特的实体。他的思想在哲学史上具有伟大的意义。

世界是本原的自然存在，人类产生发展起来之后，通过人与世界的接触，靠自身眼、耳、鼻、舌、身五官获取世界的信息，从而对世界逐渐有些感性认识，人类逐步脱离了蒙昧的原始状态，日积月累，时间上通过传承，地域上借助传播，知识越积聚越丰富，经过比较、分析、实验、测量、整理、归纳、总结上升为理性认识，系统化后逐步形成科学，促使人类社会的文明日益进步。自科学革命以来，科学带给人类社会越来越广泛和深刻的影响。

大约 2600 年前，古希腊商人泰勒斯在埃及游学的时候利用太阳的影子结合相似三角形几何学原理测量了金字塔的高度。他通过继承古埃及的几何测量知识成为古希腊智者公认的科学创立者。1563 年 8 月，丹麦天文学家第谷·布拉赫观察到木星和土星相合的时间比当时的星历表预言早了一个月，由此写出了他的第一份天文观测资料，并意识到当时的星历表不够精确，因此开始研究并亲自实践更为精确的天文测量，发现了大量新的天文现象。开普勒就是以这些资料为基础总结出了著名的开普勒三定律。

信息技术为科学的发展提供了基础的工具，可以说古希腊科学就是羊皮纸和纸草承载的科学，而近代科学是中国造纸术和印刷术承载的科学。在当今全 IP、宽带数字移动通信网络技术的时代，应当会承载全新的科学发展。

2006 年，汪涛出版的第一本书《通播网宣言》是我写的序。此书主要探讨全 IP 及三网合一的网络体系及产业结构，对未来全球信息通信技术提出了众多具有独到见解和深度内涵的发展思路，为未来的通信、广播和计算机等诸多网络指明了发展方向。其对于学术问题能够以充足的测量数据为基础进行分析和研究，获得的结论建立在严格的逻辑和数学分析基础之上。他通过自己的调查研究和以纯粹的科学方法独立思考，对信息通信领域提出了一些与众不同的见解及富有前瞻性的思想。10 余年过去，书中很多极具独创性的思路在今天正逐步变为现实，如 SDN 等。

2015 年出版的《生态社会人口论》以考古学、地球科学、人口学、发展经济学等领域的大量实际测量数据为基础，采用公理化的方法建立了全新的人口生态学理论，以及人口经济学理论。此书还全面总结了 20 世纪科学界发展出的系统论、控制论、协同学、混沌学、超循环理论、耗散结构理论、突变论等新科学方法，通过在古典因果律中引入时延参数，建立了高度精简的“循环因果律”，从而真正解决了自古希腊苏格拉底“鸡和蛋谁先谁后”的延续千年的因果逻辑难题。这一工作使得所有

上述现代科学方法与古典单向因果的科学方法获得了完美的统一。

2016年出版的《超越战争论》在大量战争历史数据的基础上，以循环因果律数学工具和公理化方法为基础，建立了全新的、数学化的战争理论。此书不仅证明了经验性的兰彻斯特定律，而且推导出了带恢复量的一般条件下的广义兰彻斯特定律，对古往今来更多以艺术化和定性方式体现的战争理论，如《孙子兵法》、毛泽东军事思想、克劳塞维茨《战争论》等给予了精确的，与测量数据可以建立起紧密科学联系的数学表述。

这次出版的《实验、测量与科学》一书延续了作者不唯上、不唯书、不人云亦云，同时又完全严格按科学方法研究问题的风格。其将纯科学总结为“3个专业1个理论”：数学、测量两大工具，信息技术，牛顿力学，它们是支撑一切科学的主干。对什么是科学的问题，书中以测量学为主线进行了系统的论述。作者首先用自己重新整理的科学历史研究方法来回顾科学自身的发展历史，对如何区分科学与非科学的问题作了系统和完备的讨论。书中主要的篇幅是论述作为一切科学基础的测量学。在总结各个学科领域测量知识的基础上，论述了测量与受控实验的关系，测量与计量，可测量的单因果化基础，测量误差，测量误差与信息论的关系，统计学相关性与测量误差的关系，等等。这些测量学的基本理论是适用于一切学科领域的，由此建立了所有领域学科建设的标准方法——共轭标准，就是一切科学的学科领域必须是理论与对应的测量基础成对同时建设，这是对一切科学发展都具有极强指导意义和实用价值的成果。量子力学发展中大量困惑的问题主要是属于测量学的问题，作者将量子力学的测不准原理与宏观条件下的误差理论完全统一，并对量子力学发展过程中的测量问题进行了详尽的讨论，给出了全新的理解。以上研究成果不仅适用于一切自然科学领域，而且适用于一切社会科学领域。作者系统研究了社会科学领域的特殊测量误差，如人类生理上的误差和心理上的情感误差，以及社会领域五大常见的主体误差。

通过纯科学的主干找到了理解一切科学的奥秘之后，在知识和信息压缩技术的基础上建立可以统摄和理解一切学科的“全科型”知识结构方法就顺理成章了，而做到这一点无疑是非常重大的突破，因为人们普遍认为在当今知识爆炸的时代，做到这一点几乎是不可能的。但作者不仅以信息压缩技术和大数据、云计算等信息技术等在理论上证明了这是可行的，并且指出做到这一点也是科学未来发展所必需的。

本书从测量学角度讨论了科学发展的问題。诺贝尔奖是对科学发展影响极为重大的活动，作者完全抛开普通人虚荣心的角度，从作为最伟大商人之一的诺贝尔、国家科技发展战略、汇聚效应等完全不同的角度，对此给出了全新的深刻理解。虽然整本书主要是从测量学角度讨论科学，但在最后一章作者还通过自身专业，展望了理想的第七代信息技术可能承载的科学发展空间，讨论了未来第三次科学革命的一些基本特点。

《实验、测量与科学》是第一次全方位地探索用科学方法认识科学自身的具有独创性的书籍，也是作者本人科学方法的集大成之作。既然是探索，就难免有瑕疵，需要后来者在此基础上去挖掘去发扬！本书值得每一个领域的学者作为发展各自学科的工具，并在此基础上进一步探索科学发展更宏伟的未来。

2017年4月10日

得科学者得天下

科学文明不断替代其他一切文明

在讨论人类社会和其文化、文明时，人们太多时候只是关注人文社会方面的东西：作为统治者的国王、皇帝、总统、将军，作为意识形态的政治、经济、法律制度，作为影响生活的宗教、艺术、哲学、思潮……但是，真正对社会产生最深远影响，并且可以决定一个社会长久发展的，只有科学。尤其在工业革命之后的历史时代，得科学者方能得天下。只有科学具有无穷的积累性和无止尽的纠错改进能力，一切真正科学的成就不会因科学家的离去而有减损和停止进步。只有科学可以提升一切文明的发展基础，并且从一切文明的发展中获取自身的发展动力。只有科学可以使人类对自然的认识越来越精确、完备，只有科学可以使人类获得越来越强的改造世界、最终改造自己的能力。因此，只有得科学者，才能无限提升自己的核心能力。

科学文明，是世界上唯一超脱于任何宗教、种族、国家和地域概念的文明。她的原始种子源于古埃及和古巴比伦，发芽于古希腊，流传保存于阿拉伯半岛，受惠于印度，在中国造纸术和印刷术等技术发明的支撑下在欧洲重获生机，与基督教结合在成为证明上帝工具的同时，流传和普及于所有基督教徒之中，在意大利文艺复兴中又开始与基督教分离，在英国

与生产和市场结合爆发工业革命，在美国与金融和创投活动相结合孵化出高科技创新产业，让日本、韩国和东南亚国家产生经济奇迹，今日又让中国、印度等文明古国重现复兴的生机……她可以生产出战争武器杀人，产生化学污染的副产品破坏环境……也可以使人类需求获得空前满足，物资极大丰富。

过去几百年的工业革命进程已经充分地表明，科学发展的不同可以使人类社会之间形成多么巨大的差距。在生物界靠数以万年进化才能获得的竞争优势，通过科学在短短几年间就可以获得，而且科学技术进化的速度还越来越快。人类靠 200 多万年的时间从动物界超脱出来进化成为高度智慧生物，形成了相对动物界绝对的优势。而通过工业革命之后短短上百年时间的进化，就可以使科学化的民族相对另一个未能科学化地区的落后人类文明差距，扩大到如同人类与动物之间的绝对差别。这样的事实或许难以让人接受，并且会为“人生而平等”的道义观念所拒绝。但是，残酷的历史事实却会充分地教训一切无视这一点的人们。当科学化武装起来的欧洲殖民者踏入美洲大陆后，巨大的武器代差形成的零伤亡作战模式，可以使几百名殖民者就拥有瞬间征服一个帝国的充分能力，这只有人和动物之间才会有这样巨大的差别。即使在今天，越是高喊“人权”的科技强国，越是拥有恣意践踏他国一切权利的权力。

未来，越是能够让科学渗透、武装和洗涤自己，就越是能够更充分地发挥科学的潜力。谁让自己社会生产和生活的所有方面全方位地科学化，建立纯科学的社会，谁就能够在未来的竞争中立于不败之地。一切不是全力去拥抱科学，将一切不是属于科学的东西全都扬弃的社会，最终都将被科学的超速发展所抛弃。

未来，在人类的认知领域，只有一种文化和文明可以生存下来，那就是科学文明和可以使科学更快发展的文明。一切文化传统，宗教和政治，世间习俗，凡是与科学相背离的，都将被科学取代。

什么是科学？

事实上，科学的这一崇高地位已经在几乎所有人类社会普遍认知，这个并不是问题。今天，“科学”一词已经深入人心，几乎成为真理的象征，一切认识世界的知识如果不被称为“科学”，就在相当大程度上等同于被否定。科学的地位是如此之高，因此几乎所有人都积极地把自己的知识直接打上科学的标签，这样一来反而使人们对科学本身的认识变得更困难了。

“要用科学的方法认识世界，要用科学的方法去解决问题。”

以上说法是我们经常都会听到的，但如果要问“到底什么是科学？”，不仅普通人难以回答上来，就是职业的顶尖科学家也没几个能准确和系统地回答上来。尽管今天的科学已经是如此地发达，但对“科学”本身的认识依然停留在相当含混不清的阶段上。

一方面，人们公认古希腊智者们创造的数学是一切科学的根基，公认伽利略因为引入实验方法而成为近代科学之父，整个科学界无论具体理论观点有何不同，其实潜意识中都公认有一套通行的、一切科学家都必须遵从的科学规则。但另一方面，很少人能真正说清楚这一套规则到底是什么，以及为什么科学家必须遵从它们。因此，当出现少数否认这样一套科学共同体规则的人时，其他人还真就很难说明白为什么这些人是错的。

研究科学的学科

科学本身是如此重要的研究对象，无疑应当有专门的学科来研究她。关于科学本身如何认识的问题，在过去散见于哲学、自然辩证法、科学史、科学哲学和科学学这几门学科中。哲学一直以不同的方式在讨论科

学认识的基本问题，例如，马克思哲学所说的物质与意识关系问题。无论是古希腊哲学家泰勒斯对于世界本源的观念（他认为世界是由水组成的），还是毕达哥拉斯“万物皆数”的思想，尤其柏拉图的理念论，他们事实上都是要建立一个如何认识世界的架构。柏拉图的理念论在马克思哲学看来是“客观唯心主义”。其实问题并不在这里，柏拉图把理念看作比现实世界更高的存在，而这种“理念”其实就是数学和逻辑的对象，这极大助推了古希腊哲学家对数学和逻辑对象的研究不断深入。近代科学哲学家波普尔“三个世界”（世界1：现实的物质世界；世界2：精神世界；世界3：符号的世界）一定程度上延续了柏拉图的理念论。波普尔的“世界3”基本上就是柏拉图“理念”世界的翻版。哲学的世界观、认识论、方法论其实都是关于人类该如何认识世界的，如何认识社会的基本途径的，也就是研究科学本身的。近代科学引入实验，以及对实验、观察的结果进行归纳等方法时，哲学上就不断地讨论这里面的关系问题。从洛克的“白板论”，到莱布尼兹“有纹理的白板”，从贝克莱的“存在就是被感知”，到马赫“存在就是感觉要素的复合”，再到今天量子力学的测不准原理、玻尔互补原理与爱因斯坦对量子力学不完备的世纪之争，从哲学领域唯心、唯物的争论，到实验作用的“判决性实验”“休谟难题”“迪昂—奎因难题”、波普尔的证伪主义、拉卡托斯对实验证伪作用的质疑、经济学家弗里德曼在《实证经济学方法论》中对实验作用的否定性论述，进行这些研究本身大多数都是基于哲学的范畴、范式或方法，只能得到哲学的结果或结论，因此难以对科学本身得出清晰规范的科学认识。

科学哲学很难算得上是有一定规范和统一性的学科，因为不同科学哲学家理论和观点大相径庭，库恩的科学革命、波普尔的证伪主义、拉卡托斯的科学研究纲领方法论、费耶阿本德的认识论无政府主义……他们不仅观点不一，甚至以库恩的“范式”概念来说，这些理论相互之间就算不上属于一个统一的范式。如果以波普尔的证伪主义要求，这些科